

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: **Kozo SHIMIZU, et al.**

Serial No.: **Not Yet Assigned**

Filed: **December 8, 2000**

For: **A SOLDER ALLOY, A CIRCUIT SUBSTRATE, A SEMICONDUCTOR DEVICE AND  
A METHOD OF MANUFACTURING THE SAME**

**CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119**

Director of Patents and Trademarks  
Washington, D.C. 20231

December 8, 2000

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application is hereby requested for the above-identified application, and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

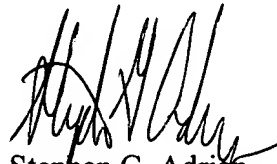
**Japanese Appln. No. 2000-044827, filed February 22, 2000**

In support of this claim, the requisite certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the applicants have complied with the requirements of 35 U.S.C. 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of said certified copy.

In the event that any fees are due in connection with this paper, please charge our Deposit Account No. 01-2340.

Respectfully submitted,  
ARMSTRONG, WESTERMAN, HATTORI  
McLELAND & NAUGHTON

  
Stephen G. Adrian  
Reg. No. 32,878

Atty. Docket No.: 001616  
Suite 1000, 1725 K Street, N.W.  
Washington, D.C. 20006  
Tel: (202) 659-2930  
Fax: (202) 887-0357  
SGA/ll



## 日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

# 2



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2000年 2月22日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2000-044827

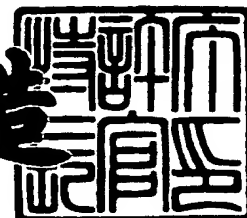
出 願 人  
Applicant(s):

富士通株式会社

2000年 9月18日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3074377

【書類名】 特許願

【整理番号】 9940801

【提出日】 平成12年 2月22日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明の名称】 ハンダ合金、回路基板、半導体装置及びその製造方法

【請求項の数】 6

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

    【氏名】 清水 浩三

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

    【氏名】 落合 正行

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

    【氏名】 山岸 康男

【特許出願人】

    【識別番号】 000005223

    【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100090273

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 國分 孝悦

    【電話番号】 03-3590-8901

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 035493

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9908504

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ハンダ合金、回路基板、半導体装置及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 回路基板上に半導体素子をハンダ合金からなるバンプにより接合する半導体装置であって、

前記ハンダ合金は、 $\text{Sn}-\text{Ag}$  系合金であり、 $\text{Sn}$  の含有量が 90 (wt %) 以上で且つ  $\text{Sn}$  中の  $\alpha$  線量が  $0.01 (\text{cph}/\text{cm}^2)$  以下であるとともに、 $\text{Ag}$  の含有量が 1.5 (wt %) ~ 2.8 (wt %) の範囲内にあることを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】 前記半導体素子と前記回路基板を前記バンプによる 1000 個以上の端子間で接合することを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置。

【請求項 3】 複数の半導体素子がそれぞれハンダ合金からなるバンプにより接合されてなる回路基板であって、

前記ハンダ合金は、 $\text{Sn}-\text{Ag}$  系合金であり、 $\text{Sn}$  の含有量が 90 (wt %) 以上で且つ  $\text{Sn}$  中の  $\alpha$  線量が  $0.01 (\text{cph}/\text{cm}^2)$  以下であるとともに、 $\text{Ag}$  の含有量が 1.5 (wt %) ~ 2.8 (wt %) の範囲内にあることを特徴とする回路基板。

【請求項 4】 前記ハンダ合金は、添加元素として  $\text{Cu}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{In}$ ,  $\text{Sb}$ ,  $\text{Bi}$  のうち少なくとも 1 種類を含む組成であることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置。

【請求項 5】 回路基板上に半導体素子をハンダ合金からなるバンプにより接合する半導体装置の製造方法において、

前記ハンダ合金は、 $\text{Sn}-\text{Ag}$  系合金であり、 $\text{Sn}$  の含有量が 90 (wt %) 以上で且つ  $\text{Sn}$  中の  $\alpha$  線量が  $0.01 (\text{cph}/\text{cm}^2)$  以下であるとともに、 $\text{Ag}$  の含有量が 1.5 (wt %) ~ 2.8 (wt %) の範囲内にあることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 6】  $\text{Sn}-\text{Ag}$  系合金であり、 $\text{Sn}$  の含有量が 90 (wt %) 以上で且つ  $\text{Sn}$  中の  $\alpha$  線量が  $0.01 (\text{cph}/\text{cm}^2)$  以下であるとともに、 $\text{Ag}$  の含有量が 1.5 (wt %) ~ 2.8 (wt %) の範囲内にあることを特徴とす

るハンダ合金。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ハンダ合金、当該ハンダ合金を用いて半導体素子のペアチップをフリップチップ実装して構成される回路基板、半導体装置及びその製造方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

近年では、電子部品の高密度実装化に伴い、入出力端子数の多端子化及び端子間のピッチの微細化が進行し、半導体素子と基板の接合方法としては、ワイヤボンディング法に代わって、極めて配線長が短く一括接合が可能なフリップチップ接合方法が主流となっている。

【 0 0 0 3 】

フリップチップ接合では、ハンダバンプを介して半導体素子と基板を直接接合している。この場合、接合に用いられるハンダ材料として、これまでPb-Sn系の合金が多く使用されていた。

【 0 0 0 4 】

しかしながら、Pbは複数の同位体が存在し、それら同位体はウラン（U）、トリウム（Th）の崩壊系列中の中間生成物あるいは最終生成物であり、崩壊系列にはHe原子を放出する $\alpha$ 崩壊を伴うことから、ハンダ中のPbより $\alpha$ 線を生じる。そして、その $\alpha$ 線が半導体素子（例えば、CMOS素子）に到達してソフトエラーを発生することが近年報告されている、また、Pbは土壌に流出すると酸性となって溶け出し環境に悪影響を及ぼすことがわかっており、環境保護の面からもPbを使わないハンダ材料が強く求められている。

【 0 0 0 5 】

そこで、Pb系に代わるハンダ材料として、放射性不純物の比較的少ないSnを主成分としたハンダ材料が使われ始めている。

【 0 0 0 6 】

## 【発明が解決しようとする課題】

S n を主成分としたハンダ材料、特に共晶組成である S n - 3 . 5 % A g、融点：2 2 1℃のものとしては、これまで一般的に使われていた S n - P b 共晶ハンダ（融点：1 8 3℃）に比べて融点が比較的近いことから、最近よく使われ始めてきている、このハンダ材料は電極材料のや C u との反応速度（拡散性）が速く、通常の半導体素子または回路基板に設けられる電極の膜構成ではバンプ欠け等の不良を生じるなどの問題点を有していたが、電極の膜構成、膜厚及び製膜条件等を工夫することによって信頼性を確保してきている。

## 【0 0 0 7】

しかしながら、S n - A g 系のハンダ材料は、諸々の有害性をもつ放射性不純物が極めて少ないという利点を有する反面、以下に示すような問題がある。この問題は、近年における半導体装置に対する小型化の要請から、半導体素子の更なる高集積化が進みつつあるという事情と密接な関連性がある。

## 【0 0 0 8】

S n - A g 系のハンダ合金においては、ハンダ付けプロセス中に図 7 に示すような針状の突起物が発生することが光学顕微鏡で観察確認されている。これらの針状の突起物は最大長が 2 0 0 (  $\mu$  m ) ~ 3 0 0 (  $\mu$  m ) に達することから、ピッチサイズが 2 0 0 (  $\mu$  m ) 以下といった微細なハンダ接合部位にこれら針状の突起物が発生すると、隣接したハンダバンプと接触したり、その突起物が発端となってイオンマイグレーション等を引き起こし、その結果、ショート等の不良が発生して、接合信頼性が低下するといった問題がある。

## 【0 0 0 9】

更に、半導体素子の高集積化に伴い、 $\alpha$  線によるソフトエラー発生を防止するため材料中の  $\alpha$  線に対する要求仕様も益々厳しくなり、 $\alpha$  線量の低い S n を用いる必要がある。この場合、低  $\alpha$  線量の S n は高純度であるために不純物が少なく、ハンダ合金が溶融凝固する過程において凝固の核が少ない。従って、この少ない核に周囲の合金の融液が付着して結晶成長が発生する。その結果、低純度の S n に比べて大きな針状の突起物が頻発し易い傾向にある。

## 【0 0 1 0】

他方、低純度の S n を用いる場合には、凝固の核が多く存在しその核に合金の融液が付着するが、基本の核数が多いために大きく成長することなく比較的微細なグレインサイズに留まる。

#### 【 0 0 1 1 】

本発明は、前記課題に鑑みてなされたものであり、P b フリー化に対応して S n を主体としたハンダ合金でフリップチップ接合を行うにあたり、ファインピッチ化に伴うソフトエラーの頻発に対応するために、回路基板上に半導体素子を接合した際のハンダ合金に生じる針状の突起物の発生を防止し、絶縁抵抗の低下を来すことなく長疲労寿命であり、且つ  $\alpha$  線によるソフトエラーを起こすことのないハンダ合金、これを用いた回路基板、半導体装置及びその製造方法を提供することを目的とする。

#### 【 0 0 1 2 】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明者らは、鋭意検討の結果、以下に示す発明の諸態様に想到した。

#### 【 0 0 1 3 】

第 1 の態様は、S n - A g 系合金であるハンダ合金を対象とする。当該ハンダ合金は、S n の含有量が 9 0 ( w t % ) 以上で且つ S n 中の  $\alpha$  線量が  $0.01 ( c p h / c m ^ 2 )$  以下であるとともに、A g の含有量が 1. 5 ( w t % ) ~ 2. 8 ( w t % ) の範囲内にあるものである。

#### 【 0 0 1 4 】

第 2 の態様は、前記第 1 の態様の前記ハンダ合金を用いて、回路基板上に半導体素子を接合してなる半導体装置である。

#### 【 0 0 1 5 】

ここで、前記ハンダ合金は、添加元素として C u , Z n , I n , S b , B i のうち少なくとも 1 種類を含む組成とすることが好適である。

#### 【 0 0 1 6 】

更に、前記半導体素子と前記回路基板を前記バンプによる 1 0 0 0 個所以上の端子間で接合することが好適である。

#### 【 0 0 1 7 】



第3の態様は、複数の半導体素子がそれぞれハンダ合金からなるパンプにより接合されてなる回路基板であって、前記ハンダ合金は、 $\text{Sn}-\text{Ag}$ 系合金であり、 $\text{Sn}$ の含有量が90 (wt %) 以上で且つ $\text{Sn}$ 中の $\alpha$ 線量が $0.01 (\text{cph}/\text{cm}^2)$  以下であるとともに、 $\text{Ag}$ の含有量が1.5 (wt %)  $\sim$  2.8 (wt %) の範囲内にある。

【0018】

第4の態様は、前記第1の態様の前記ハンダ合金を用いて、回路基板上に半導体素子を接合してなる半導体装置の製造方法である。

【0019】

【作用】

本発明では、 $\text{Ag}$ の含有量が90 (wt %) 以上の $\text{Sn}-\text{Ag}$ 系合金であるハンダ合金において、 $\text{Sn}$ 中の $\alpha$ 線量が $0.01 (\text{cph}/\text{cm}^2)$  以下とすることを前提とし、 $\text{Ag}$ の組成を1.5 (wt %)  $\sim$  2.8 (wt %) の低濃度に限定することにより、以下のような作用効果が期待される。

【0020】

$\text{Sn}-\text{Ag}$ 系（特に $\text{Sn}-3.5 (\text{wt} \%) \text{Ag}$ 近傍の合金）合金は、 $\text{Sn}$ を主成分とした場合、（図1参照）溶融中は $\text{Sn}$ 及び $\text{Ag}_3\text{Sn}$ の2相で構成される。 $\text{Sn}-\text{Ag}$ 系に発生しがちな針状の突起物は、X線回折等の分析結果より $\text{Ag}_3\text{Sn}_5$ であることが判明しており、このことから、 $\text{Ag}$ の重量比が3.5 (wt %) より多い場合、ハンダ合金は液相から固相に変わる際は $\text{Ag}_3\text{Sn}$ が徐々に析出する状態となることが推定され、従ってその結晶が成長することによって、ハンダ合金のパンプ径よりも大きな突起物を生じる。

【0021】

そこで、 $\text{Ag}$ の組成を3.5 (wt %) から減少させることにより、固液混合状態の場合では $\text{Sn}$ と液相の状態で存在して、ハンダ合金の温度の低下とともに $\text{Sn}$ 相と $\text{Ag}_3\text{Sn}$ が同時に凝固析出する。この時の冷却過程では、結晶成長の核となる比較的大きな $\text{Ag}_3\text{Sn}_5$ の存在割合は共晶組成（3.5 (wt %)  $\text{Ag}$ ）以上の場合と比較すると明らかに低いことから、針状の突起物の成長する確率は極めて小さいことがわかる。

## 【 0 0 2 2 】

上記の結果に基づき、A g 組成の具体的な適正範囲を考察する。

## 【 0 0 2 3 】

S n - A g 系のハンダ合金で接合を行った際に、電極材料の A u , N i 及び C u 等と S n が反応してそれぞれ金属化合物を形成し ( 図 2 参照 ) 、ハンダ合金中の S n 成分が減少する。その減少量を確率的に算出したところ ( 図 3 参照 ) 、 2 . 8 ( w t % ) となり、上記の結果を踏まえれば、この値をもって A g 組成の適正上限値とするのが妥当である。

## 【 0 0 2 4 】

また、A g の下限値については、A g の組成比が 1 . 5 ( w t % ) 以上あれば、S n 単相時に 1 3 ° C 以下の温度で発生する可能性のある  $\beta$  - S n から  $\alpha$  - S n ( スズペスト ) への変態を防止するには、A g の含有量を 1 . 5 ( w t % ) 以上とする必要があり ( 表 1 , 2 参照 ) 、この値をもって A g 組成の適正下限値とするのが妥当である。

## 【 0 0 2 5 】

そして、S n 中における  $\alpha$  線量の低減化の要請を考慮するに、例えばトランジスタのゲート長を 0 . 2 (  $\mu$  m ) 以下とする場合に対応するには、当該  $\alpha$  線量を 0 . 0 1 ( c p h / c m <sup>2</sup> ) 以下とする必要がある。A g の含有量が例えば 3 . 5 ( w t % ) であれば、当該  $\alpha$  線量を低くすることにより針状の突起物が発生するが、A g の含有量を上記の範囲とすることにより、当該突起物の発生が抑止される ( 表 1 , 2 参照 ) 。

## 【 0 0 2 6 】

以上の考察結果から、S n , A g の含有量及び S n 中の  $\alpha$  線量を前記適正值とすれば、例えば回路基板上に半導体素子を接合した際のハンダ合金に生じる針状の突起物の発生を防止し、絶縁抵抗の低下を来すことなく長疲労寿命であり、且つ  $\alpha$  線によるソフトエラーを起こすことのないハンダ合金が実現する。

## 【 0 0 2 7 】

## 【 発明の実施の形態 】

以下、本発明を適用した好適な実施形態について、図面を参照しながら詳細に

説明する。

【 0 0 2 8 】

本実施形態では、本発明のハンダ合金を用いてフリップチップ接合法により構成される半導体装置（回路基板）をその製造方法と共に説明する。

図 4 は、本実施形態の製造方法を工程順に示す概略断面図である。この製造方法は、いわゆるディンプルプレート法と称される手法である。

【 0 0 2 9 】

先ず、図 4（a）に示すように、表面に CMOS トランジスタ等の所望の半導体素子が形成されてなるシリコン基板 1 において、前記半導体素子の膜厚 0.1（ $\mu\text{m}$ ）程度の A1 電極上に Ti をスパッタ法により膜厚 0.1（ $\mu\text{m}$ ）程度、Ni を電解メッキ法により膜厚 3（ $\mu\text{m}$ ）程度に順次成膜し、各電極層 2 を形成する。ここでは、電極層 2 の個数としては 1000 以上の場合を主な対象としている。

【 0 0 3 0 】

続いて、図 4（b）に示すように、ディンプルプレート 3 の表面に、シリコン基板 1 の各電極層 2 に対応するように各溝 4 を形成する。

【 0 0 3 1 】

続いて、図 4（c）に示すように、ディンプルプレート 3 の各溝 4 内をハンダ合金粉末及びフラックスを含有するペースト 8 で充填する。ここで、ハンダ合金は、Sn-Ag 系合金であり、Sn の含有量が 90（wt%）以上で且つ Sn 中の  $\alpha$  線量が 0.01（ $\text{cph}/\text{cm}^2$ ）以下であるとともに、Ag の含有量が 1.5（wt%）～2.8（wt%）の範囲内にあるものである。このハンダ合金は、添加元素として Cu, Zn, In, Sb, Bi のうち少なくとも 1 種類を含む組成とすることが好適である。

【 0 0 3 2 】

続いて、図 4（d）に示すように、ディンプルプレート 3 をハンダ合金の融点以上の所定温度で加熱する。このとき、ペースト 8 のハンダ合金粉末が融解し、フラックスの作用により一体化して球状となり、各溝 4 内で当該ハンダ合金からなるハンダボール 5 が形成される。

## 【 0 0 3 3 】

続いて、図 4 ( e ) に示すように、シリコン基板 1 上の各電極層 2 にハンダボール 5 が対応するようにディンプルプレート 3 をシリコン基板 1 に対して位置合わせし、ハンダボール 5 を電極層 2 上に転写する。

## 【 0 0 3 4 】

続いて、図 4 ( f ) に示すように、ディンプルプレート 3 をシリコン基板 1 から除去することにより、シリコン基板 1 の各電極層 2 上に前記ハンダ合金からなるハンダバンプ 6 が形成される。このときの各ハンダバンプ 6 近傍の様子を図 5 に示す。

## 【 0 0 3 5 】

続いて、図 4 ( g ) に示すように、回路基板 7 上の所定部位に各ハンダバンプ 6 が対応するようにシリコン基板 1 を回路基板 7 に対して位置合わせし、ハンダバンプ 6 によりシリコン基板 1 と回路基板 7 を接合し、フリップチップ接合体 1 1 を作製する。

## 【 0 0 3 6 】

しかる後、フリップチップ接合体 1 1 の樹脂を用いた封止などの諸々の後処理を行い、半導体装置を完成させる。

## 【 0 0 3 7 】

## 【実施例】

以下、上述した本実施形態により製造される半導体装置のハンダバンプについての各種機能を更に詳細に検討する。

## 【 0 0 3 8 】

本実施例では、図 4 ( 図 5 ) の製造工程に用いたハンダ合金において、A g の含有量、S n 中の  $\alpha$  線量をそれぞれ変え、針状の突起物の発生状況、P C T、熱サイクル、ソフトエラー発生率、 $\beta$  S n から  $\alpha$  S n への変態についてそれぞれ調べた。

## 【 0 0 3 9 】

図 6 には S n 中の  $\alpha$  線量とソフトエラー発生率との関係を調べた測定結果を、更に表 1 , 2 にハンダ材料の組成、突起物の発生状況、P C T、熱サイクル試験

及びソフトウェア発生率等の測定結果をそれぞれ示す。

【0040】

【表1】

各合金における突起物発生率、PCT、熱サイクル試験およびソフトウェア率

Sample No.	合金組成	$\alpha$ 線量 (cph/cm <sup>2</sup> )	突起物発生率(%)		PCT試験 (時間)	熱サイクル試験 (サイクル)	ソフトウェア率 (fit/bit)	$\beta$ Sn $\rightarrow$ $\alpha$ Sn 問題なし: ○ 問題あり: ×
			2000 パンプ	8000 パンプ				
1	Sn-0.1%Ag	0.01<	0	0	200h 以上	200サイクル 以上	0.001<	×
2	Sn-0.5%Ag	0.01<	0	0	200h 以上	200サイクル 以上	0.001<	×
3	Sn-1.0%Ag	0.01<	0	0	200h 以上	200サイクル 以上	0.001<	×
4	Sn-1.5%Ag	0.01<	0	0	200h 以上	200サイクル 以上	0.001<	○
5-1	Sn-2.0%Ag	1	0	0	200h 以上	200サイクル 以上	0.5	○
5-2	Sn-2.0%Ag	0.1	0	0	200h 以上	200サイクル 以上	0.02	○
5-3	Sn-2.0%Ag	0.01<	0	0	200h 以上	200サイクル 以上	0.001<	○
6-1	Sn-2.5%Ag	1	0	0	200h 以上	200サイクル 以上	0.5	○
6-2	Sn-2.5%Ag	0.1	0	0	200h 以上	200サイクル 以上	0.02	○
6-3	Sn-2.5%Ag	0.01<	0	0	200h 以上	200サイクル 以上	0.001<	○
7-1	Sn-2.8%Ag	1	0	0	200h 以上	200サイクル 以上	0.5	○
7-2	Sn-2.8%Ag	0.1	0	0	200h 以上	200サイクル 以上	0.02	○
7-3	Sn-2.8%Ag	0.01<	0	0	200h 以上	200サイクル 以上	0.001<	○
7-4	Sn- 2.8%Ag- 1.0%Zn	0.01<	0	0	200h 以上	200サイクル 以上	0.001<	○
7-5	Sn- 2.8%Ag- 1.0%Bi	0.01<	0	0	200h 以上	200サイクル 以上	0.001<	○
7-6	Sn- 2.8%Ag- 0.7%Cu	0.01<	0	0	200h 以上	200サイクル 以上	0.001<	○
7-7	Sn- 2.8%Ag- 1.0%Sb	0.01<	0	0	200h 以上	200サイクル 以上	0.001<	○
7-8	Sn- 2.8%Ag- 1.0%In	0.01<	0	0	200h 以上	200サイクル 以上	0.001<	○

【0041】

【表 2】

各合金における突起物発生率、PCT、熱サイクル試験およびソフトエラー率

Sample No.	合金組成	$\alpha$ 線量 (cph/cm <sup>2</sup> )	突起物発生率(%)		PCT試験 (時間)	熱サイクル試験 (サイクル)	ソフトエラー率 (fit/bit)	$\beta$ Sn $\Rightarrow$ $\alpha$ Sn 問題なし:○ 問題あり:x
			2000 バンプ	8000 バンプ				
8	Sn-3.0%Ag	0.01<	0.025	0.05	50~100	200サイクル以上	0.001<	○
9	Sn-3.25%Ag	0.01<	0.3	—	50~100	200サイクル以上	0.001<	○
10-1	Sn-3.5%Ag	1	0.6	—	50~100	200サイクル以上	0.5	○
10-2	Sn-3.5%Ag	0.1	1.0	—	50~100	200サイクル以上	0.02	○
10-3	Sn-3.5%Ag	0.01<	2.0	8.0	50~100	200サイクル以上	0.001<	○
11	Sn-4.0%Ag	0.01<	0.7	—	50~100	200サイクル以上	0.001<	○
12	Sn-5.0%Ag	0.01<	3.0	—	50~100	200サイクル以上	0.001<	○

## 【0042】

ここで、ハンダバンプ6の個数については、2000バンプ、8000バンプの2種類のシリコン基板を用意し、ハンダ合金のSn中における $\alpha$ 線量は、表1に示すように、1.0 (cph/cm<sup>2</sup>)、0.1 (cph/cm<sup>2</sup>)、及び0.01 (cph/cm<sup>2</sup>)以下の3種類、ハンダ合金中のAgの含有量は、0.1 (wt%)~5.0 (wt%)までの範囲について調べた。従って、シリコン基板のサンプル数は、表1に示すように、ハンダ合金が不純物を含むものも算入して2000バンプ、8000バンプの各々について25種類とした。

## 【0043】

各サンプルについて、光学顕微鏡により針状結晶の有無を観察した。その結果、Sn-3.5 (wt%) Agの組成で発生率2% (1つの半導体素子あたり数十個)の割合で観察された針状の突起物を、1.5 (wt%)~2.8 (wt%) AgのAg組成において完全に防止することができた。Cu, Zn, In, Bi, Sbを混合した7-4~7-8の各サンプルにおいても当該突起物は発生しない。

更に、1000バンプを超える高密度のバンプ実装においても針状の突起物は発生しないことも確認できた。

## 【0044】

また、S n 中の  $\alpha$  線量と突起物形状の発生率の関係も併せて表 1 に記載する。

S n - 3 . 5 ( w t % ) A g の組成において、S n 中の  $\alpha$  線量を 1 . 0  $\rightarrow$  0 . 1  $\rightarrow$  0 . 0 1 ( c p h / c m <sup>2</sup> ) のように徐々に低くすると針状の突起物の発生する割合が上昇してゆくことがわかる。しかし、A g の組成比を 2 . 8 ( w t % ) 以下とすることで  $\alpha$  線量を低くしても針状の突起物は発生しない。

#### 【 0 0 4 5 】

実際に、図 4 の製造方法にしたがって半導体素子と回路基板とのフリップチップ接合体を作製し、1 2 5  $^{\circ}$ C , 8 5 % R H , 5 V の印可電圧の各条件で P C T 試験を実施した結果、1 0 0 時間以上の絶縁性を確保できた。また、同様のフリップチップ接合体を用いて 1 2 5  $^{\circ}$ C で 3 0 分、- 5 5  $^{\circ}$ C で 3 0 分の各条件で熱サイクル試験を行った結果、2 0 0 サイクル以上の十分な長疲労寿命を確認した。

#### 【 0 0 4 6 】

以上説明したように、本実施形態によれば、P b フリー化に対応して S n を主体としたハンダ合金でフリップチップ接合を行うにあたり、ファインピッチ化に伴うソフトエラーの頻発に対応するために、回路基板上に半導体素子を接合した際のハンダ合金に生じる針状の突起物の発生を防止し、絶縁抵抗の低下を来すことなく長疲労寿命であり、且つ  $\alpha$  線によるソフトエラーの発生を起こすことのないハンダ合金、これを用いた半導体装置及びその製造方法が実現する。

#### 【 0 0 4 7 】

##### 【発明の効果】

本発明のハンダ合金によれば、P b フリー化に対応して S n を主体としたハンダ材料で構成し、バンプに生じがちな針状の突起物の発生を防止でき、且つ  $\alpha$  線の発生を抑止することが可能となる。

#### 【 0 0 4 8 】

そして、前記ハンダ合金を用いてフリップチップ接合を行うにあたり、ファインピッチ化に伴うソフトエラーの頻発に対応して、バンプに生じがちな針状の突起物の発生を防止でき、絶縁抵抗の低下を来すことなく長疲労寿命であり、且つ  $\alpha$  線によるソフトエラーを起こすことのない半導体装置を実現できる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図 1】

S n - A g 系合金の状態図である。

【図 2】

電極材料とハンダ合金中の S n とが界面で反応して形成された金属化合物の顕微鏡写真である。

【図 3】

S n - A g 系のハンダ合金における A g の含有率と針状突起物発生率との関係を示す特性図である。

【図 4】

本実施形態のフリップチップ接合法による半導体装置の製造方法を工程順に示す概略断面図である。

【図 5】

形成されたハンダバンプ近傍の様子を拡大して示す概略断面図である。

【図 6】

S n - A g 系のハンダ合金における S n 中の  $\alpha$  線量とソフトエラー発生率との関係を調べた測定結果を示す特性図である。

【図 7】

S n - A g 系のハンダ合金に発生した針状の突起物を示す顕微鏡写真である。

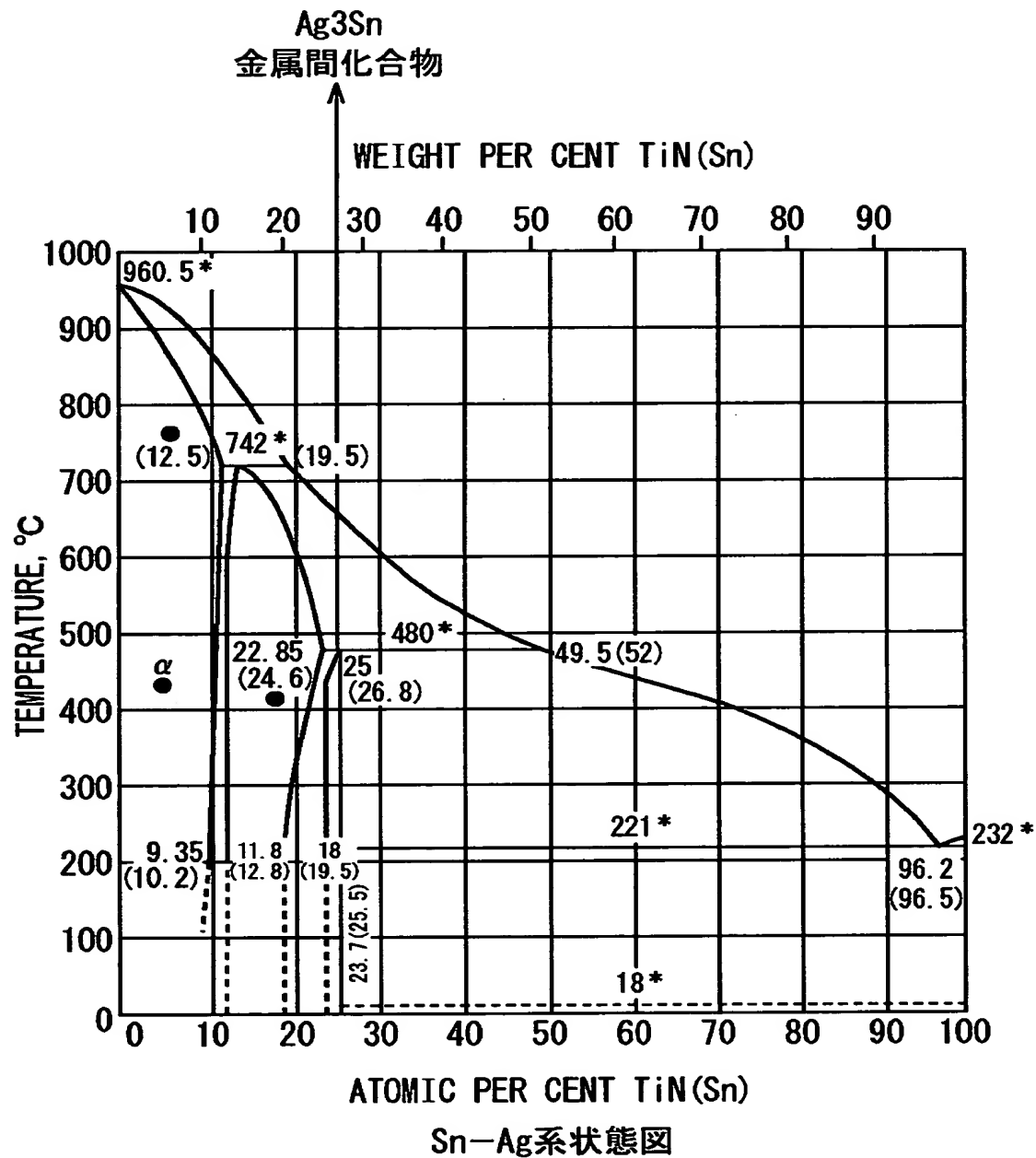
【符号の説明】

- 1 シリコン基板
- 2 電極層
- 3 ディンプルプレート
- 4 溝
- 5 ハンダボール
- 6 ハンダバンプ
- 7 回路基板
- 8 ペースト
- 1 1 フリップチップ接合体

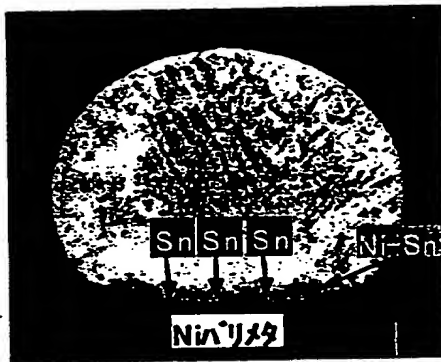


【書類名】 図面

【図 1】



【図2】



接合界面での反応

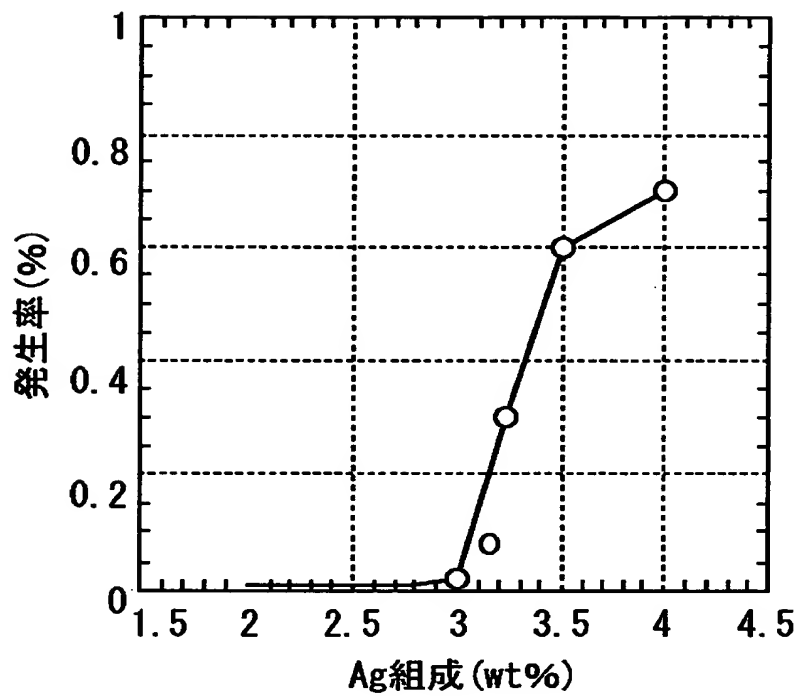
正規分布より $6\sigma$ の値を算出

接合時のはんだ材料中のSnの減少考慮



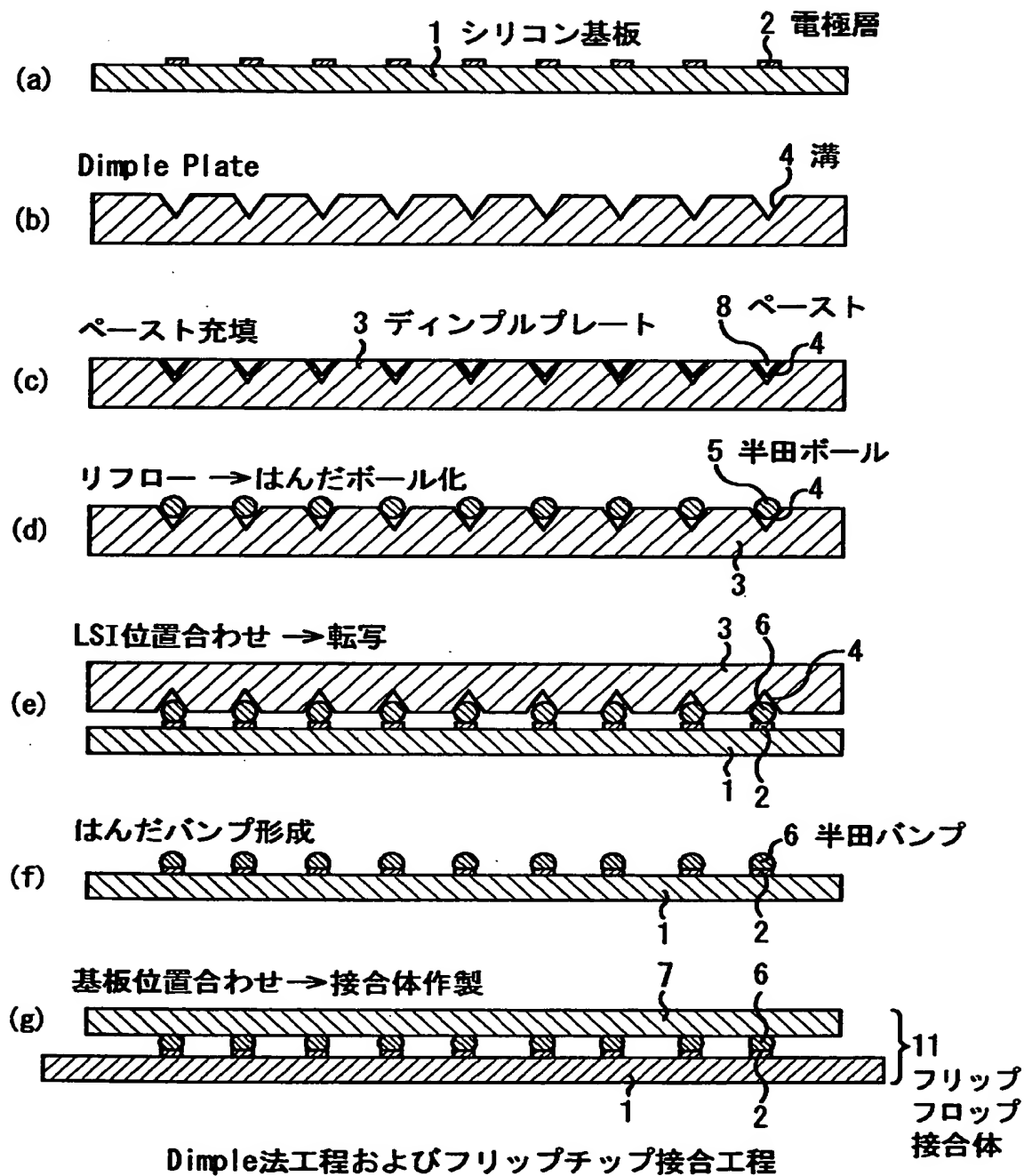
上限のAg組成: 2.8wt%

【図 3】

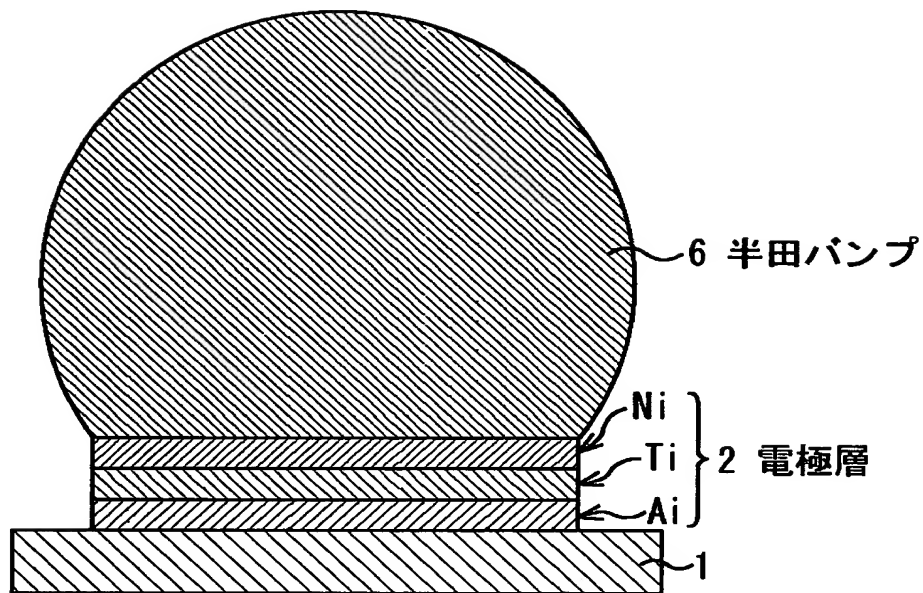


各Ag組成のはんだ合金における  
突起物形状発生率

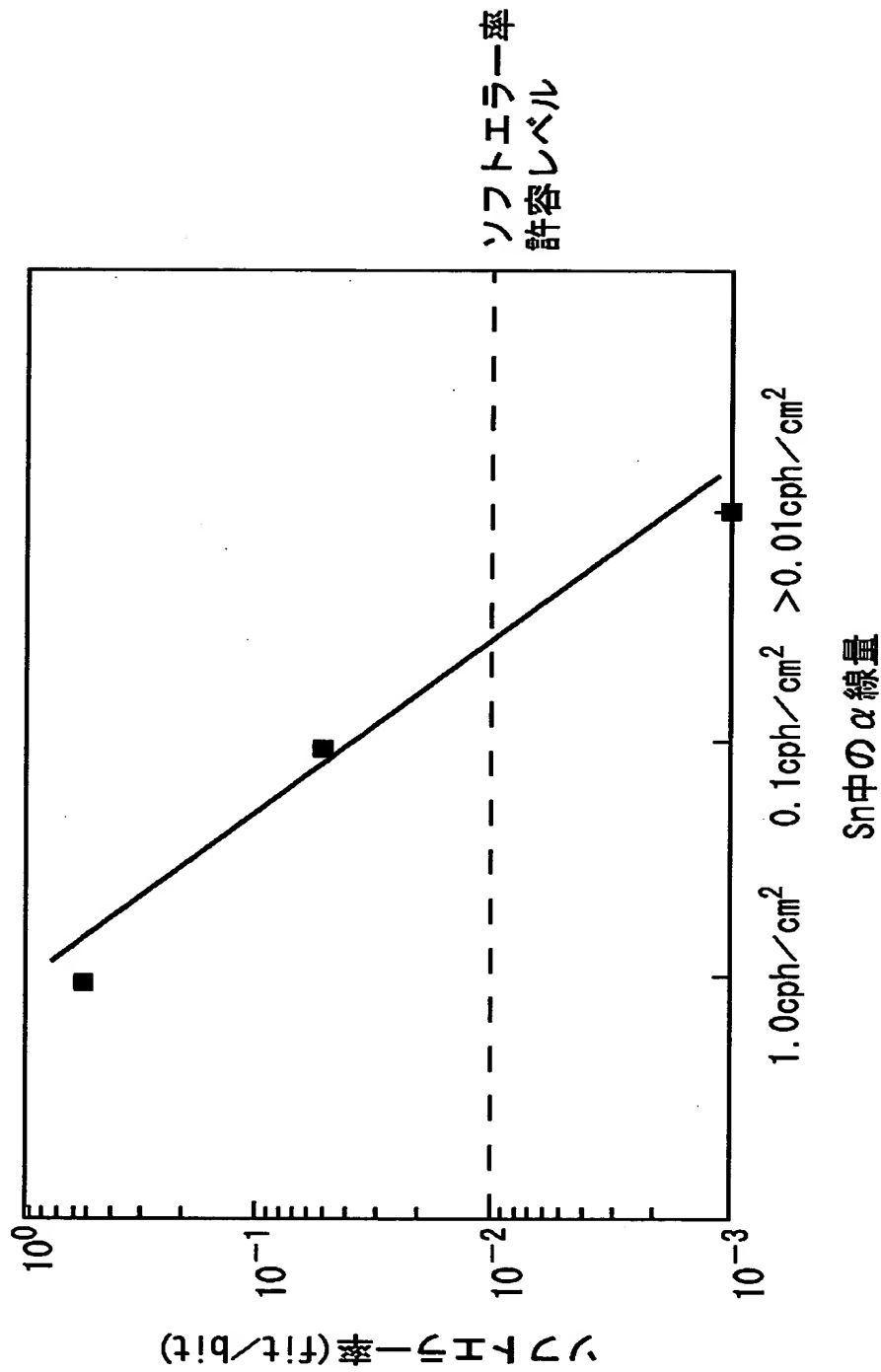
【図 4】



【図5】

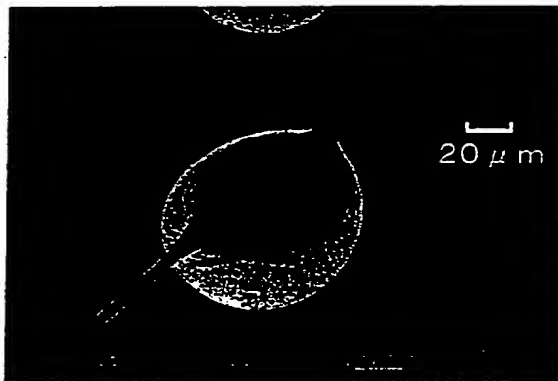


【図 6】



半田材料中のα線量とデバイスでのソフトエラー率

【図7】



突起物形状

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 P bフリー化に対応してS nを主体としたハンダ合金でフリップチップ接合を行うにあたり、回路基板上に半導体素子を接合した際のハンダ合金に生じる針状の突起物の発生を防止し、且つ $\alpha$ 線によるソフトエラーを抑止する。

【解決手段】 本発明は、回路基板上に半導体素子をハンダ合金からなるバンプにより接合する半導体装置を主な対象とする。ここで、ハンダ合金は、S n-A g系合金であり、S nの含有量が9 0 (w t %)以上で且つS n中の $\alpha$ 線量が0 . 0 1 (c p h / c m<sup>2</sup>)以下であるとともに、A gの含有量が1 . 5 (w t %) ~ 2 . 8 (w t %)の範囲内にあるものである。

【選択図】 図 1



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 5 2 2 3 ]

1. 変更年月日	1 9 9 6 年 3 月 2 6 日
[変更理由]	住所変更
住 所	神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
氏 名	富士通株式会社